SERIE DE TEMAS DIVERSOS DE ECONOMIA: NUMERO 11

NUNCA VEREMOS LA MANO INVISIBLE: EL PROCESO DE DIFUSION DE CAPITAL

Víctor A. Sepúlveda Rodríguez
Economista

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
RIO PIEDRAS, PUERTO RICO

AL CONCLUIR ESTAS PUBLICACIONES

Con esta publicación, que es una de diez que salen con fecha de diciembre de 1977, concluye esta humilde aportación para estimular la investigación económica que iniciamos hace poco más de dos años. Es una conclusión muy temprana al juzgarse por nuestras proyecciones y por el momentum desarrollado en la demanda por, y en contribuciones para, nuestras publicaciones. Sólo la convicción de estar realizando una labor necesaria había evitado una conclusión más temprana. Pero llega el momento en que surten su impacto negativo el capricho y la arbitrariedad en decisiones administrativas de la alta jerarquía de este Recinto Universitario--de cuyas decisiones no podemos enjuiciar motivaciones ni propósitos--y la convicción del deber extraordinario en nuestra labor tiene que ceder ante la cuestión de principios.

Al momento de concluir procede hacer reconocimiento a quienes han colaborado en nuestros esfuerzos. En términos generales, reconocemos la colaboración de los directores de unidades que nos permitieron acceso al equipo, facilidades y personal. Sobresalen el Centro de Investigaciones Sociales, el extinto Centro de Investigaciones Pedagógicas, el Instituto de Caribe y el Instituto de Relaciones del Trabajo, la Oficina de Planificación y Desarrollo de este Recinto y los Centros de Oficinistas del Colegio de Ciencias Sociales, de la Escuela de Planificación y de la Escuela de Administración Pública. En particular, reconocemos la gran labor de nuestra secretaria, Milagros Pagán de Medina y el extraordinario y multifacético trabajo de Diego Martínez Luján y Rafael Collazo Fred, quienes en un momento u otro contaron con la ayuda de un grupo nutrido de estudiantes del Programa de Estudio y Trabajo. Entre éstos y otros colaboradores --mayormente personal secretarial-- están Aida Luz Mulero, Ivonne de Jesús Algarín, Carmen Ana Domínguez, Rita Fontánez, Carmen M. Delgado Castrillo y

Rosa A. Alvarado Vázquez; Eduardo Colunge Guerrero, Myrna Serrano Casanovas, Mavirdia Vélez Vélez, Luz Magali Orellana Reyes, Daniel Peralta Rivera, Eduardo Pacheco Alejandro, José L. Ruíz Febres, Livia Curet, Miriam Candelaria Ramos, Migdalia Rivera Avilés y Pedro I. Torres Amador. Un reconocimiento especial procede para Rafael Rivera Rosa, ilustrador de la Revista de Ciencias Sociales. También reconocemos el enorme estímulo que siempre dieron a estas publicaciones el doctor Angel Luis Ruíz, Director de la Unidad de Investigaciones Económicas, la doctora Irma G. Tirado de Alonso, ex-directora de nuestro Departamento de Economía, y otros compañeros claustrales. Por último, reconocemos el entusiasmo y esfuerzos de cada uno de los autores--profesores, conferenciantes, servidores públicos, estudiantes graduados--que aportaron sus trabajos para publicación.

M.A.R.P.
Diciembre 1977

NOTA

El artículo presente es una versión revisada de la exposición teórica básica del autor en su tesis de maestría. El tema sigue de cerca el alcance del cubierto en una publicación previa de esta Unidad de Investigaciones (Ramón J. Cao, Equilibrio y análisis económico, TEMAS DIVERSOS DE ECONOMIA Número 9, noviembre 1977).

El señor Víctor A. Sepúlveda Rodríguez acaba de completar todos los requisitos hacia la Maestría en Artes con concentración en economía en el Programa Graduado de Economía de nuestro Departamento. Ha trabajado y se desempeña actualmente en el Negociado de Análisis y Proyecciones Económicas de la Junta de Planificación de Puerto Rico.

"I can, if the worst comes to the worst, still realize that the Good Lord may have created a world in which there are no natural laws. In short, a chaos. But that there should be statistical laws with definite solutions, i. e., laws which compel the Good Lord to throw dice in each individual case, I find highly disagreeable".

A. Einstein

"La armonía del universo la sostiene un poema; no una ley física.

León Felipe

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
Facultad de Ciencias Sociales
Departamento de Economía
Río Piedras, Puerto Rico

NUNCA VEREMOS LA MANO INVISIBLE: EL PROCESO DE DIFUSION DE CAPITAL

Víctor A. Sepúlveda Rodríguez

Introducción: La mano invisible juega a los dados

La teoría económica clásica establece que la competencia perfecta garantiza un equilibrio óptimo en la economía. Como dice Maurice Dobb (Dobb, pág. 54): "Lo asombrosamente nuevo en el principio de la libertad natural de Smith, que ya había enunciado en 1749, era la afirmación empírica de que (como lo parafraseó Schumpeter) "la libre interacción de los individuos no produce el caos sino un modelo metódico que está lógicamente determinado, un modelo que en consecuencia podría ser dilucidado en términos racionales". En este trabajo, por el contrario, se presentan argumentos que intentan probar que la libre interacción de los individuos hace que el equilibrio óptimo en un sistema de competencia perfecta sea evento indeterminado, esto es, un desenlace que depende de su probabilidad para ocurrir. La mano invisible juega a los dados pues para que se puedan verificar las consecuencias óptimas que predice la teoría clásica hay que agregar como un supuesto que el desenlace económico siempre será aquél que tenga la probabilidad mayor de ocurrir. Esto es, hay que aceptar como válida la ley de la entropía para la economía.

Para fines de análisis en este artículo se define equilibrio económico como aquel desenlace con la probabilidad mayor de ocurrir. Esta probabilidad es proporcional al número de maneras en que puede ocurrir un desenlace

en particular. El estado de equilibrio o de probabilidad máxima en la inversión se alcanza mediante un proceso parecido al proceso físico de difusión.

En el desarrollo de este artículo primero se presentará la ineficiencia de ciertas analogías físicas, utilizadas en la teoría económica, para explicar lo que se observa en la actividad económica. Luego se planteará el concepto de entropía y la necesidad de que sea válida la ley de la entropía en el modelo clásico. Se utilizará tanto la versión original del concepto de entropía como la versión equivalente y más general que utiliza la teoría de la información. Por último se discute por qué el proceso de difusión es más apropiado para explicar ciertos fenómenos económicos.

Conceptos de la física utilizados en la teoría económica

Como consecuencia del deseo de plantear modelos que expliquen los acontecimientos económicos, abundan en la teoría económica analogías físicas que tratan de determinar si las leyes que gobiernan los fenómenos físicos son válidas para fenómenos homólogos en la economía. Por ejemplo, el principio de Le Chatelier usado en química es citado en varios artículos teóricos de economía (Samuelson, pág. 287). El principio de Huygen establece que cada punto en un frente de onda puede ser considerado como fuente de ondas secundarias. La envoltura de estas ondas secundarias constituye el nuevo frente de ondas.

Tal vez la aplicación más común de una ecuación física a un fenómeno económico es la ecuación del movimiento armónico simple amortiguado, la cual ha sido trasladada a la teoría de los ciclos económicos. Mediante esta ecuación se pretende describir los ciclos económicos con modelos de oscilaciones lineales y no lineales. Esto lo único que quiere decir es

que se comparan los altibajos en la economía con el movimiento de un resorte (si se asumen oscilaciones lineales), o que se comparan los estremos de prosperidad y depresión con ecuaciones análogas a las que describen, por ejemplo, el movimiento de un péndulo (si se asumen oscilaciones no lineales).

Los modelos macroeconómicos pueden clasificarse en modelos de equilibrio y de desequilibrio. En los modelos de desequilibrio están los basados en la interacción multiplicador-acelerador (Allen, pág. 393). Básicamente la ecuación que describe esta interacción es igual a la ecuación de movimiento armónico simple amortiguado. Nótese que para poder aplicar esta ecuación a la economía hubo que agregar el supuesto teórico de que existe un coeficiente proporcional a los cambios en el nivel de ingreso.

En estos modelos los cambios en el nivel de ingreso generados por el multiplicador ponen en funciones al acelerador, que a su vez activa al multiplicador y así sucesivamente sigue el proceso donde un efecto alimenta al otro. Las críticas, en términos económicos, son varias. En primer lugar, carece de la universalidad que se le atribuye a las leyes físicas y por lo tanto este modelo no puede ser aplicado en forma rígida y mecánica. No siempre la economía se comporta como el modelo supone. Esto se debe a que es pertinente cuestionar si se justifica suponer que los efectos del multiplicador y acelerador se pueden alimentar mutuamente indefinidamente (Allen, pág. 89) sin que haya un límite a la capacidad de la industria de bienes de capital y su desarrollo. Además, la teoría ofrece resultados poco variados pues las oscilaciones que surgen del modelo tienen una forma idealizada, de curva de coseno, con período constante, y una amplitud que es contínuamente amortiguada o constatemente explosiva (Allen, pág. 465).

Además, ciertas observaciones empíricas no corresponden necesariamente con los resultados que se deben conseguir del modelo.

Entropía, información e incertidumbre

Expresar el significado de entropía en términos de probabilidad permite expresar y medir dicho concepto en términos de información. De hecho, el concepto ha sido reformulado de modo equivalente a su significado físico por la teoría de la información, desarrollada luego de la Segunda Guerra Mundial. Esta es la versión de entropía que ha sido aplicada ampliamente en la economía, como se mencionó anteriormente.

La teoría de la información asocia la entropía con el nivel de organización y de información que posee un sistema. C. Shannon demostró en el 1946 que la información es una propiedad de las descripciones estadísticas de los sistemas físicos (Layzer, pág. 60). También probó que el contenido de información de un sistema es el número de bits[1/] necesario para describir estadísticamente un sistema.

El concepto de entropía, reformulado a base de la teoría de información, mide la incertidumbre asociada con las descripciones estadísticas de un sistema. Es "información esperada" (Theil, pág. 3) definida en términos de probabilidad. Cualquier evento, E, tiene la probabilidad X de ocurrir, donde $0 \leq X \leq 1$. Si por ejemplo X=.99, esto implica que es prácticamente seguro que E ocurrirá. El mensaje que E aconteció con una probabilidad tan alta tendría poco contenido de información. Por otro lado, si la probabilidad hubiese sido baja, por ejemplo X = .001, se reconoce un alto contenido de información en el mensaje.

1/Bit es un dígito binario.

Cuando existen varios desenlaces, todos con la misma probabilidad de ocurrir, la información esperada o entropía, adquiere su valor máximo (Theil, pág. 25). Esto es, hay un máximo de incertidumbre cuando N eventos tienen todos una probabilidad igual a la 1/N de suceder. Mientras mayor sea la incertidumbre, mayor es el contenido de información de un mensaje que diga cuál fue el evento que sucedió. Esto es así debido a que información y entropía están relacionadas mediante una ley de conservación (Layzer, pág. 60). Esta ley establece que la suma de la información y de la entropía se mantiene constante para un sistema. Esto implica que una ganancia en información conlleva una pérdida en entropía y viceversa. Incertidumbre y entropía o información esperada son equivalentes y mientras mayor sea la entropía, menos orden hay en el sistema (Theil, pág. 26).

En resumen; la entropía es una medida de desorden, un aumento en la cual implica forzosamente una disminución en la información que se posee sobre un sistema. Cuando pueden ocurrir varios desenlaces, cada uno con la misma probabilidad de suceder, la entropía o incertidumbre del sistema adquiere su valor máximo.

La ley de la entropía o segunda ley de la termodinámica.

En los procesos físicos, como en los económicos, se nota que los sistemas tienden espontáneamente hacia un estado de equilibrio. Esto es, los procesos manifiestan una marcada preferencia a seguir cierta dirección mientras que el proceso en dirección contraria nunca ocurre aunque de ocurrir no se violaría ninguna ley física.

La discusión científica sobre los procesos irreversibles dio lugar a la formulación de la segunda ley de la termodinámica o ley de la entropía.

Esta establece la idea general de que para un proceso en particular hay una dirección preferida. La ley ha sido expresada en varias formas pero todas dan lugar a la misma formulación matemática. La ley expresa que en todo proceso espontáneo la entropía nunca disminuye, solamente puede aumentar o permanecer constante. Por lo tanto, el estado de equilibrio de un sistema es el estado de máxima entropía. Como la entropía es proporcional al grado de probabilidad, esto implica que el estado de equilibrio es el estado con mayor probabilidad de ocurrir.

El concepto de entropía fue ampliado todavía más para dar una nueva interpretación a varios fenómenos. Hoy en día se aplica en una gran variedad de campos en la economía (Theil, pág. XIX). Hace escasamente 40 ó 45 años J.M. Keynes (Keynes, pág. 158) mantuvo que la ley de la entropía, o segunda ley de la termodinámica,[2/] establece que hay una tendencia natural hacia el aumento de la entropía. ¿Será el aumento en la entropía esencial para que las conclusiones a las que conduce el supuesto más ampliamente usado en economía, competencia perfecta, se verifiquen en un estado de equilibrio económico donde la tasa de rendimiento de cada sector económico sean iguales? Examinemos en más detalle.

¿Como se podría relacionar la ley de la entropía con la teoría económica y la asignación de recursos de tal modo que bajo los supuestos de competencia perfecta se asegure un rendimiento igual de los factores de producción en todas las actividades? Bajo los supuestos de la competencia perfecta las ventajas netas relativas de invertir son iguales en todos los sectores económicos.

2/ La termodinámica estudia las propiedades de la materia cuando éstas son afectadas debido a un cambio en la temperatura.

Todos los sectores indican el mismo nivel relativo de ganancias. Se espera que ningún inversionista tenga preferencia por ningún sector en particular. A cada inversionista le es indiferente invertir en uno u otro sector. Ya que nadie sabe dónde invertirá cada inversionista, la asignación de los bienes de capital resultante tiene las características de un evento completamente indeterminado. Nadie sabe qué ocurrirá. Entonces, ¿que impide que por decisiones completamente independientes todos los inversionistas decidan invertir en un solo sector?

Por ejemplo, veamos el caso hipotético de una economía con dos actividades, A y B, ambas con el mismo nivel relativo de ganancias y con 6 unidades de capital para ser utilizadas en una u otra actividad. Por medio de decisiones independientes de los dueños de las 6 unidades de capital, y bajo un régimen de competencia perfecta, las asignaciones de las unidades de capital posibles son las siguientes:

Tabla 1: ASIGNACIONES DE CAPITAL POSIBLES A ACTIVIDADES A Y B

Asignación		Probabilidad
1. AAAAAA	(se dedican las 6 unidades en A)	1/64 = .015625
2. BAAAAA	(se dedican 1 en B y 5 en A)	6/64 = .0937500
3. BBAAAA	(se dedican 2 en B y 4 en A)	15/64 = .2343750
4. BBBAAA	(se dedican 3 en B y 3 en A)	20/64 = .3125000
5. BBBBAA	(se dedican 4 en B y 2 en A)	15/64 = .2343750
6. BBBBBA	(se dedican 5 en B y 1 en A)	6/64 = .0937500
7. BBBBBB	(se dedican las 6 a B)	1/64 = .0156250

Mediante el teorema de la expansion del binomio se puede determinar que en totál existen 64 asignaciones de capital posibles agrupadas en 7 distribuciones diferentes las cuales se resumen en la tabla anterior. Sólo hay

una forma de obtener la distribución (1); por lo tanto la probabilidad de que ocurra es de 1/64 = .015625. Hay 6 formas de obtener la distribución (2) y la probabilidad asociada con ésta es de 6/64 = .0937500. El caso con mayor probabilidad de ocurrir es la distribución (4), con una probabilidad de 20/64 = .3125000. Esta brinda una distribución homogénea de capital que no desequilibra a la economía. Luego, para asegurar que la economía seguirá en equilibrio hay que suponer que el estado de equilibrio es aquel estado al que asocia la probabilidad mayor de ocurrir. En otras palabras, hay que aceptar como válida la ley de la entropía para la economía. Ya que la actividad "A" puede ser invertir para producir para el consumo y "B" puede ser invertir para producir bienes de capital; y ya que a medida que "N" aumenta ("N" en este caso son las unidades de capital), la distribución binomial puede ser aproximada por la distribución normal. Este resultado puede ser generalizado para cualquier economía en competencia perfecta, no importa cuán grande sea el número de unidades de capital.

Difusión y entropía

El que un sistema económico permanezca en equilibrio bajo el supuesto de competencia perfecta, una vez que alcanza este estado es una convalidación de la ley de la entropía. Pero además, como se demostrará a continuación, esta ley también explica por qué se llega a un estado de equilibrio económico.

En completa convergencia con la ley de la entropía, el proceso de difusión es irreversible (Layzer, pág. 61). Considérese el siguiente ejemplo. Al destapar un frasco de perfume en un cuarto cerrado su olor se percibe en todo el cuarto momentos más tarde. Las moléculas del perfume han escapado de la superficie del líquido y en una colisión constante se han espaciado a través del cuarto. Si se deja el frasco destapado por bastante tiempo, todo

el perfume se evaporará y las moléculas se encontrarán distribuidas uniformemente a través del cuarto.

La experiencia indica que el proceso es irreversible. No importa cuánto se espere, las moléculas del perfume no se reagruparán y condensarán espontáneamente dentro del frasco. Esto es así aunque a niveles microscópicos el proceso es completamente reversible y de ocurrir no se violaría ninguna ley física. A niveles microscópicos las particulas cambian a niveles macroscópicos; evolucionan. Ya que la probabilidad de que las moléculas continúen distribuídas uniformemente es mayor a que se reagrupen dentro del frasco, de ocurrir tal evento se violaría la ley de la entropía pues se pasaría de un estado de cierta probabilidad a otro estado de probabilidad menor. En analogía con la economía, el que las moléculas del perfume se reagrupen en el frasco es algo tan poco probable como el que por decisiones individuales todos los inversionistan decidan invertir en un mismo sector.

El régimen de competencia perfecta asegura que el programa de acumulación de capital seguido por la economía será eficiente si se garantiza, entre otras cosas, que las ventajas netas relativas de invertir en cualquier sector son iguales. Así, la mano invisible lleva a la economía a través de una sola trayectoria determinada dadas ciertas condiciones específicas. Pero, ¿qué sucedería si los rendimientos de cada sector económico se alteran, por ejemplo, a causa de un avance tecnológico o de un factor institucional como una tributación descriminatoria?

Según la teoría clásica esta situación de disparidad en las ventajas relativas de invertir en cualquier sector se corrige mediante la libre entrada y salida de firmas. Cuando hay un sector que brinda un nivel más alto de tasa de rendimiento que otro con una tasa menor ocurre un flujo de capital

hacia el sector con la tasa de rendimiento mayor. Así la difusión del factor capital en un sistema capitalista será inducida por una desigualdad entre las tasas de rendimientos que genera cada sector económico. Indudablemente, este ajuste no ocurre instantáneamente y no carece de importancia. El proceso de ajuste, sin embargo, introduce el concepto de incertidumbre en el análisis pues los ajusted tendrán que hacerse a base de expectivas. Esto es así debido a que si la tasa de rendimiento en un sector A de la economía es mayor que en el sector B, la salida de firmas del sector B hacia el sector A aumenta las ventajas relativas de invertir en el sector B y las reduce en el sector A. Como resultado, y tal como lo expone James Tobin, el inversionista se enfrenta a una distribución de probabilidad de ganancias asociada con todos los sectores de la economía (Muller, pág. 168).

En términos de entropía y de la teoría de la información el problema se plantea de la siguiente manera. Ya se dijo que cuando el sistema económico clásico se encuentra en equilibrio se espera que ningún inversionista tenga preferencia por ningún sector en particular (véase pág. 5). Ya que nadie sabe dónde invertirá cada inversionista, la asignación de recursos resultante es un evento indeterminado. Hay un máximo de entropía o de incertidumbre que converge con la ley de la entropía que establece que el estado de equilibrio de un sistema es el estado de máxima entropía.

Ahora, si nos fijamos bien cuando decimos que cualquier cosa, sea lo que sea, está "desequilibrado" lo que queremos decir es que se diferencia de lo que lo rodea. Hemos adquirido cierta información que nos permite diferenciarlo de lo demás. Si vuelve a ser "equilibrado" perdemos esta información que nos permite distinguirlo. Luego, cuando por causa de un factor exógeno o endógeno un sector económico brinda más ganancia que otro ya el inversionista tiene una

información que le permite distinguir un sector de otro a base del nivel de ganancias; esto es, el sistema está desequilibrado y hay preferencias sobre dónde invertirá. Ya no es indiferente. En la economía hay una distribución de probabilidad de ganancias y se puede predecir dónde se invertirá dentro de cierto intervalo de confianza. A medida que ocurre la difusión del factor capital esta curva de probabilidad desaparece. Se pierde esta información. A medida que se pierde información aumenta la entropía (Layzer, pág. 60). Se vuelve a otro estado donde ya no se puede predecir dónde se invertirá, donde la entropía vuelve a ser máxima. Se alcanza otro estado de equilibrio.

Este proceso de ajuste es parecido a la difusión de cierta cantidad M de sustancia en el plano X=0. La ecuación que describe su difusión:

$$C = \frac{Me^{-K}t^{-.5}}{2D}$$

donde:

C = concentración de la sustancia

D = coeficiente de difusión

t = tiempo

$K = x^2/4Dt$ (El valor de K no es constante.)

Nótese que esta ecuación es una modalidad de la curva de distribución normal, la cual está dada por $y = {}^{-x^2}$, lo único que en este caso el exponente $-x^2$ es dividido por el tiempo y en el numerador aparece t elevado a -.5. Esto significa que a medida que pasa el tiempo la distribución de sustancia en el plano se representa por la forma platikúrtica que va tomando (achatamiento sucesivo) la curva de distribución normal, como se ilustra en la Figura 1, hasta que al final del proceso la curva adquiera un valor constante en todo el plano. Esto significa que al final del proceso la probabilidad de encontrar un número dado de partículas es igual en todo el plano. De la misma forma que

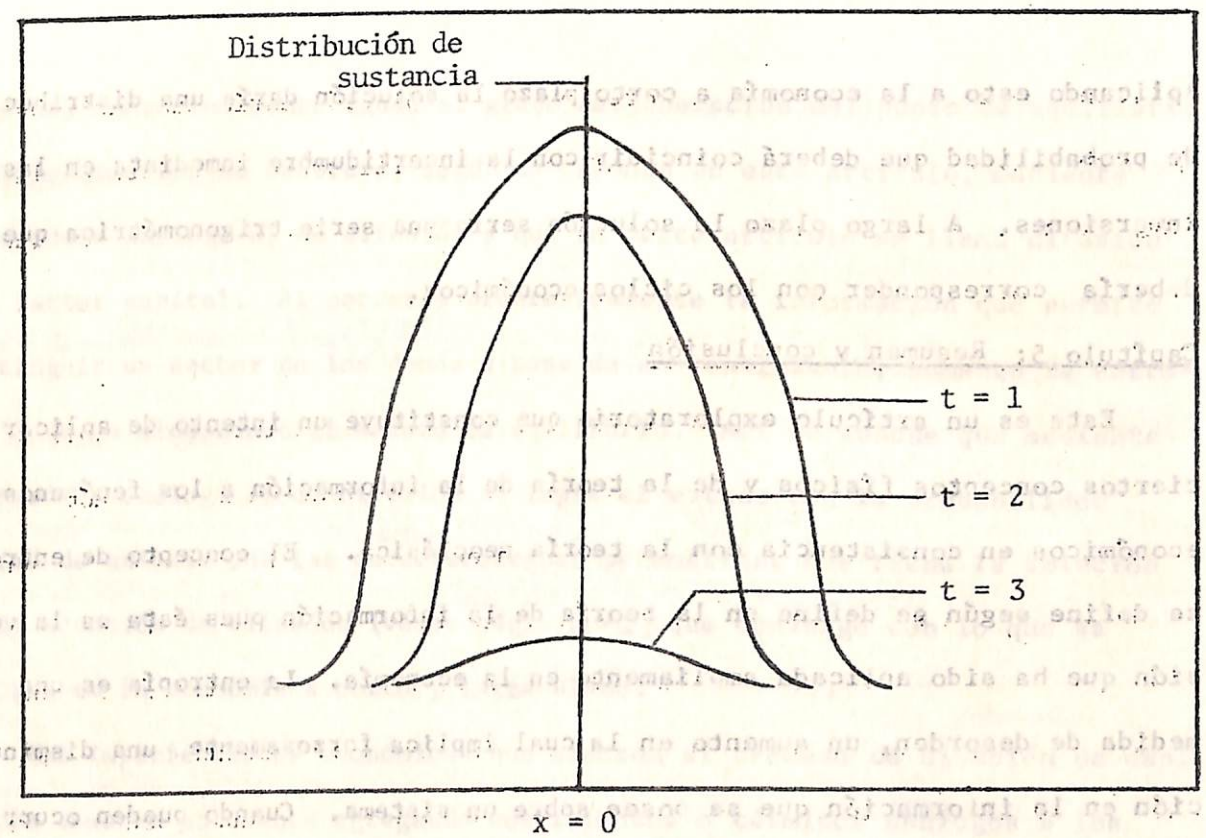

FIGURA I: DISTRIBUCION DE SUSTANCIA

cuando se llega a un equilibrio en la economía, existe la misma probabilidad de alcanzar el mismo nivel de ganancias en todos los sectores.

La aplicación de la ecuación de difusión a la economía se justifica todavía más al notar que la soluciones a la ecuación de difusión convergen con lo que se observa en la economía a corto y largo plazo. La matemática enseña que si se desea una solución a la ecuación de difusión que describa mejor lo que ocurre en las primeras etapas del proceso la solución es una suma o integración de distribuciones normales o de funciones error, de la siguiente forma general:

$$\text{erf}x = \frac{2}{\pi} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

y para las últimas etapas del proceso, o para intervalos de tiempo largos, el proceso se describe mejor por series trigonométricas (Crank, pág.9).

Aplicando esto a la economía a corto plazo la solución daría una distribución de probabilidad que deberá coincidir con la incertidumbre inmediata en las inversiones. A largo plazo la solución sería una serie trigonométrica que debería corresponder con los ciclos económicos.

Capítulo 5: Resumen y conclusión

Este es un artículo exploratorio que constituye un intento de aplicar ciertos conceptos físicos y de la teoría de la información a los fenómenos económicos en consistencia con la teoría neoclásica. El concepto de entropía se define según se define en la teoría de la información pues ésta es la versión que ha sido aplicada ampliamente en la economía. La entropía es una medida de desorden, un aumento en la cual implica forzosamente una disminución en la información que se posee sobre un sistema. Cuando pueden ocurrir varios desenlaces, cada uno con la misma probabilidad de suceder, la entropía o incertidumbre del sistema adquiere su valor máximo.

Luego se plantea la necesidad teórica de la validez de la ley de la entropía para la economía a fin de que se logre y mantenga el estado de equilibrio en el modelo neoclásico. La ley de la entropía establece que existe una tendencia natural hacia el aumento de la entropía y el estado con más probabilidad de ocurrir coincide con el estado de equilibrio. Al igual que en la física, la aplicación de la teoría de la información a la teoría económica aclara el concepto de equilibrio. Ya que nuestra capacidad para reconocer un sistema depende del hecho de que difiere de sus alrededores, los conceptos "distinguible del medio" y "desequilibrado" son iguales (Scientific American, pág. 268). Por ejemplo condidérese el caso cuando un sector brinda un rendimiento mayor que los demás; se dice que el sistema será desequilibrado. Así la "información económica" será análoga a la "información termodinámica",

esto es, conceptualmente igual al grado de separación del punto de equilibrio. Esta información se destruye, según se supone en este artículo, mediante un proceso análogo al de difusión y que en este artículo se llama difusión del factor capital. Al perderse progresivamente la información que permite distinguir un sector de los demás a base de su rendimiento, aumenta la entropía y se va alcanzando el estado de equilibrio. Así se supone que mediante un proceso análogo al de difusión se logra el estado con la probabilidad máxima de existir por las características matemáticas que tiene la solución de la ecuación de difusión (véase págs. 11-12) que converge con lo que se observa en la economía a corto y largo plazo.

Las imperfecciones económicas que afecten el proceso de difusión de capital pueden tomarse en cuenta agregando coeficientes o términos análogos a los coeficientes de permeabilidad que aparecen en los procesos reales de difusión. Pero siempre, antes de aplicar la ecuación a un sistema real se debe intentar primero con un sistema simulado que permita analizar, como interés teórico, las fluctuaciones cíclicas en la producción y que luego se emprenda la tarea de aplicar el modelo utilizando datos reales. Ese intento, claro está, queda fuera del alcance de este artículo exploratorio.

cad

BIBLIOGRAFIA

Allen, R. G. D. Teoría macroeconómica, Madrid, Aguilar, 1970.

Chaintin, Gregory J. "Randomness and Mathematical Proof," Scientific American, vol. 23, no. 5 (mayo 1975).

Crank, J. Mathematics of Diffusion, Oxford, Clarendom Press, 1956.

Dobbs, Maurice, Teoría del valor y de la distribución de Adam Smith: Ideología y teoría económica, Argentina, Siglo 21, 1973.

Dorfman, R., P. Samuelson y R. Solow, Programación lineal y análisis económico, Madrid, Aguilar, 1969.

Keynes, J. M. y otros, Crítica de la economía clásica, Barcelona, Ariel, 1970.

Kreyszig, Erwin, Advanced Engineering Mathematics, 2da. edición, New York, Wiley, 1967.

Layzer, David, "The Arrow of Time," Scientific American, vol. 233, no. 6 (diciembre 1975).

Mueller, M. G. Readings in Macroeconomics, San Francisco, Holt, Rinehart and Winston, 1966.

Scientific American, La energía, Madrid, Alianza Editorial, 1975.

Spiegel, Mu rray, Teoría y problemas del análisis vectorial y una introducción del análisis tensorial, New York, Mc Graw- Hill, 1969.

Stiglitz, Joseph E. The Collected Scientific Papers of Paul A. Samuelson, Massachusetts, The M.I.T. Press, 1966.

Theil, Henri, Economics and Information Theory, Chicago, Rand Mc Nally, 1967.

Publicaciones de la
Unidad de Investigaciones Económicas

TEMAS SOBRE ECONOMIA DE PUERTO RICO

Serie de Conferencias y Foros

Núm. 1: José A. Herrero, La economía de Puerto Rico: El presente crítico, noviembre 1975.

Núm. 2: Jaime A. Santiago, Impacto de la recesión en Puerto Rico, febrero 1976.

Núm. 3: Jaime A. Santiago, Objectives and Strategy for Economic Development: A Challenge, julio 1976.

Núm. 4: Jaime A. Santiago, Conferencia sobre economía y población, septiembre 1976.

Núm. 5: Rubén A. Vilches, Current Labor Force Perspectives & Problems in Puerto Rico, octubre 1976.

Núm. 6: Jaime A. Santiago, La situación presupuestaria de 1976 y 1977 y sus efectos sobre la economía, diciembre 1976.

Núm. 7: Elías R. Asón, Comentarios sobre las recomendaciones del uso de los fondos de las corporaciones 936, mayo 1977.

Núm. 8: Irma G. Tirado de Alonso, Equity and Efficiency Considerations Concerning Higher Education in Puerto Rico, diciembre 1977.

Serie de Ensayos y Monografías

Núm. 1: Alejandro Asmar, Análisis breve del Informe Tobin, junio 1976.

Núm. 2: Samuel Torres Román, La problemática económica de Puerto Rico, diciembre 1976.

Núm. 3: Angel L. Ruíz, Enfoque de insumo-producto para determinar una política de sustitución de importaciones en Puerto Rico, mayo 1977.

Núm. 4: Angel A. Rivera, Modelo de costo-beneficio para la evaluación de proyectos que sustituyan importaciones, junio 1977.

Núm. 5: Angel L. Ruíz, Un análisis de la productividad en la industria de centrales y refinerías en Puerto Rico, diciembre 1977.

Serie de Temas Relacionados

Núm. 1: Walter Bruckman, Diseño y método de investigación en la ciencia económica, mayo 1977.

Núm. 2: Stephen J. Hiemstra, Perspectives on Food Program Evaluation and Research, mayo 1977.

Núm. 3: Angel L. Ruíz, Las conferencias cimeras de Rambouillet y Puerto Rico, mayo 1977.

Núm. 4: Jaime A. Santiago, El presupuesto ejecutivo: Reto al poder ejecutivo, octubre 1977.

Núm. 5: Miguel A. Ramírez Pérez y Migdalia Rivera Avilés, Recesión e inflación: Inaplicabilidad de la Curva Phillips a la economía de Puerto Rico, diciembre 1977.

TEMAS DIVERSOS DE ECONOMIA

Núm. 1: Fuat y Suphan Andic, Public Finance, Development, and the Third World, diciembre 1976.

Núm. 2: Paul W. Strassman, Housing Priorities in Developing Countries: A Planning Model, enero 1977.

Núm. 3: William J. Baumol, Quasi Optimality, The Price We Must Pay for a Price System, marzo 1977.

Núm. 4: Angel L. Ruíz, La recuperación económica norteamericana y perspectivas para 1977, junio 1977.

Núm. 5: J. Vanek, Selfmanagement, Workers' Management and Labor Management in Theory and Practice: A Comparative Study, julio 1977.

Núm. 6: J. Vanek, The Absurdity of the Rich Men's Trade Doctrine and Institutions for the Present Day World Economy and an Attempt to Reformulate, agosto 1977.

Núm. 7: Karel Holbik, The International Monetary System and the New International Order, noviembre 1977.

Núm. 8: J. R. Dosworth y T. V. Somersall, The Analysis of Taxable Capacity of LDC's, noviembre 1977.

Núm. 9: Ramón J. Cao García, Equilibrio y análisis económico, noviembre 1977.

Núm.10: Suphan Andic, Industrialization and Economic Integration: An Evaluation of Latin American Performance, diciembre 1977.

Núm.11: Víctor A. Sepúlveda Rodríguez, Nunca veremos la mano invisible: El proceso de difusión de capital, diciembre 1977.

(Continúa...)

Núm. 12: Evelyn Ramos de Jesús, Apuntes sobre desarrollo económico: I, diciembre 1977.

Núm. 13: Evelyn Ramos de Jesús, Apuntes sobre desarrollo económico: II, diciembre 1977.

SEPARATAS

Núm. 1: Richard A. Posner, The Economic Approach to Law, 1976.

Núm. 2: Richard A. Musgrave, ET., OT., and S.B.T., 1976.

Núm. 3: Fuat M. Andic y Arthur Mann, Secular Tendencies in the Inequality of Earnings in Puerto Rico, febrero 1977.

Núm. 4: Arthur J. Mann, Public Expenditure Patterns in the Dominican Republic and Puerto Rico, 1930-1970, septiembre 1977.

Núm. 5: Arthur J. Mann, The Fiscal System and Income Distribution: The Case of Puerto Rico, septiembre 1977.

Núm. 6: Arthur J. Mann y Donald Perlis, Utility Functions, Public Goods, and Income Distribution, septiembre 1977.

Núm. 7: Suphan Andic y Parimal Choudhury, Direct Subsidies and Income Redistribution: The Food Stamp Program in Puerto Rico, octubre 1977.

Núm. 8: Fuat M. Andic, Poverty and Tax Incidence in West Malaysia, diciembre 1977.

RESEÑAS

Núm. 1: Elena M. Díaz, Economic Theory and the Developing Countries - por Ajit K. Dasgupta, diciembre 1977.

Núm. 2: Miriam Borrero, Economic Theory and the Developing Countries - por Ajit K. Dasgupta, diciembre 1977.

UPR-UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO EN CAYEY
0 05 000178838 1